

Educación para la acción. Estrategias de actuación low-cost para el desarrollo sostenible de la arquitectura de los oasis.

Autor: Ángela Ruiz Plaza//angela.ruiz@upm.es
Dpto. Ideación Gráfica Arquitectónica.
ETSAM-UPM Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Universidad Politécnica de Madrid

ABSTRACT

Estamos en una era de grandes cambios. El ritmo frenético de crecimiento de los países en desarrollo hace imprescindible y necesaria la acción radical, desde la investigación y para la educación, para que el desarrollo de los “países en desarrollo” sea realmente sostenible.

El presente trabajo de investigación muestra una propuesta de actuación para el desarrollo sostenible de los oasis y arquitecturas del desierto a través de un sistema de estrategias aplicadas. Son propuestas de acción de fácil implementación que corresponden a un proyecto real, ya iniciado, en el oasis de M'hamid, en el Sahara marroquí, dentro de un marco de cooperación, colaboración y educación, que tiene vocación de materializarse en unas directrices a seguir por los propios habitantes de los oasis y asociaciones vinculadas, que les sirvan para convertir su hábitat en ejemplo de sostenibilidad, exprimiendo al máximo su potencial para un óptimo futuro habitar en el desierto.

RESUMEN

900 millones de personas en el mundo viven en entornos áridos extremos. De ellos, 50 millones de personas viven en oasis. El futuro del habitar de todos ellos depende de una profunda investigación en la arquitectura, el patrimonio y el territorio, que permitan su evolución.

La arquitectura es parte del equilibrio ecológico. Arquitectura y entorno forman un ecosistema en equilibrio simbiótico. En todo desarrollo es necesario plantear cómo influye en el **equilibrio del hábitat** el modo de vida de una población, el nivel de sostenibilidad de cada acción cotidiana (el modo de construir, el sistema de transporte, la situación de las infraestructuras, la estructura social, el planteamiento laboral, la explotación agrícola, etc.) y valorarlo en función de los recursos disponibles, para que **el desarrollo sea sostenible**, es decir, que el consumo (alimentación, vivienda, transporte, bienes de consumo y servicio) sea siempre menor que la producción biológica (cultivos, vegetación, agua, suelo y emisión de dióxido de carbono).

El conocimiento profundo del territorio, del medio natural, del entorno y los recursos naturales, analizados desde voluntad de cambio y evolución innovadores, permite el desarrollo del potencial del hábitat, que **en relación a la arquitectura, permite la mejora de la calidad de vida y el impulso económico** de lugares sometidos a condiciones climáticas extremas como pueden ser los oasis.

No hay desarrollo sin investigación, ni futuro sin innovación. Por ello, es necesario además investigar e incorporar **sistemas alternativos** de los 3 ámbitos relacionados con el ecosistema: ecológico, socioeconómico y arquitectónico, que se incorporan **como estrategias de actuación interrelacionadas, para que el desarrollo sostenible sea posible**: arena compactada por procesos biológicos, el sistema de incubadoras de árboles, lluvia artificial, agua sólida, sistemas agrícolas basados en el geomagnetismo, etc.

A pesar de la falta de recursos económicos y del abandono (o desatiendo) del gobierno, **existen multitud de posibilidades de desarrollo y de acciones posibles**, gracias al gran potencial de los recursos naturales, que no necesariamente tienen que estar impulsadas por el gobierno o instituciones potentes en recursos económicos y humanos, sino que pueden ser iniciativas ciudadanas, individuales o colectivas, pertenecientes al lugar o no, pero que surjan de una voluntad e implicación personal para establecer un desarrollo sostenible y un **futuro de calidad del hábitat extremo**.

Palabras clave: sostenibilidad, oasis, desierto, tecnología, sistemas innovadores, desarrollo sostenible

COMUNICACIÓN

La desertificación afecta ya a 250 millones de personas en el mundo y más de 100 países están en situación de riesgo, según los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO). En España, el 37% de la superficie ya está afectada por un proceso que, según el Colegio de Ingenieros de Montes es “sinónimo de pobreza”, dado que no sólo impacta en la naturaleza, sino también en la economía.

A nivel mundial, el fenómeno alcanza al 40% de la superficie de los continentes, según datos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Existen en el mundo diferentes tipos de oasis, de muy diversas características, tamaños y localizaciones, mostrando situaciones tan diversas como el oasis de Elche y el de Orihuela, en España, que se limitan a un entorno natural en medio de la ciudad, pasando por los cientos de oasis dispersos por los desiertos del medio oriente o el norte de África, pasando por las ciudades oasis de Dubai o Qatar, en punta de lanza de la vanguardia mundial en términos de nivel económico, hasta las ciudades artificiales de nueva construcción como la ciudad de Masdar, en proceso de construcción, proyectada por el equipo de arquitectos Foster&Partners.

Estas nuevas ciudades que se insertan en un territorio inhóspito y de clima extremo, respondiendo con un alarde tecnológico, fruto del alto poder adquisitivo del país. En concreto la ciudad Masdar se define como la ciudad más sostenible

del planeta, por tener unas emisiones de CO2 casi nulas. Pero, ¿es esto posible en otros hábitats de climas extremos con menos recursos económicos? . Sí, pero de otro modo.



Figura1. Oasis del Valle del Drâa, Marruecos.

El desarrollo sostenible de ciudades y pueblos en climas extremos pasa por conseguir una simbiosis óptima entre los recursos naturales y el patrimonio arquitectónico, de modo que, el desarrollo de uno se produzca de manera simbiótica con el desarrollo del otro, ya que la arquitectura forma parte del entorno natural, del territorio, y como tal, se ha de desarrollar hacia un futuro de forma coherente.

El potencial de la naturaleza para contribuir al desarrollo de la arquitectura en climas extremos es un campo que está aún sin explorar y que puede producir un cambio radical de paradigma en la vida de millones de personas que habitan en condiciones extremas y precarias.

Millones de personas creen estar en manos de los gobiernos, de los empresarios, y que sus vidas están sometidas a sus condiciones locales. Pero el desarrollo no solo depende de políticas económicas o sociales impulsadas por el gobierno, ni por grandes proyectos de inversión de instituciones externas, al contrario, **es posible un desarrollo** comprensivo impulsado desde abajo, desde una acción local de un ciudadano individual, desde acciones colectivas llevadas a cabo por la participación y cooperación ciudadana, a través de pequeños cambios en el modo de vida, y sobre todo, en el trabajo con los recursos naturales que pueden ser la llave maestra que realice el cambio total de paradigma.

El sistema es tan sencillo como que las modificaciones del paisaje natural pueden mejorar las condiciones del microclima local, haciendo la ciudad más habitable, o el cultivo propio puede disminuir las dependencias de economías ajenas, entre otros.

Para demostrar esta teoría se está trabajando sobre un caso concreto en el que testar la validez del sistema planteado para impulsar un cambio global, inspirado en casos reales implementados y aplicable a otros sistemas oasis. El caso concreto es un poblado en el sur de Marruecos, el último oasis al sur del país, a las puertas del desierto: el oasis de M'hamid.

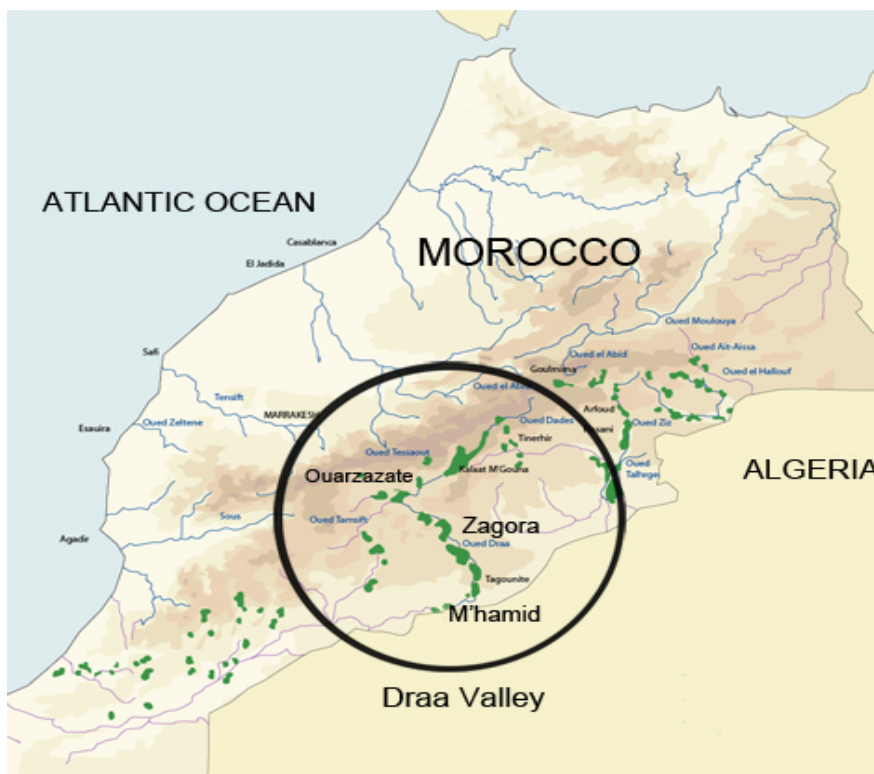


Figura 2. Plano de localización de los oasis existentes en Marruecos.

M'hamid, el último oasis del valle del Drâa, se sitúa a las puertas del Sahara. Sus habitantes viven en casas de tierra, construidas por ellos mismos, mimetizadas con el territorio, insertas en el mismo proceso evolutivo de la vida. Si una casa se derrumba, con la misma tierra se vuelve a construir. Los recursos disponibles y utilizados son mínimos, por lo que podría considerarse que la vida en él tiene un alto grado de sostenibilidad, pero, la ínfima calidad de vida y los recursos en vías de agotamiento lo convierten en **un sistema insostenible**.

Los recursos hídricos fueron cortados literalmente al construir una presa 200 km río arriba, lo que agravó la situación de sequía existente. La agricultura se limita al

cultivo de los animales. La situación social y económica es precaria, y esta sumida en un proceso de involución, que lo único que genera es un continuo abandono de la población, que emigra a las ciudades. Además, el oasis está amenazado con el avance del desierto. Algunos poblados del mismo ya están parcialmente engullidos por la arena, que avanza sin pausa. Se han realizado algunas plantaciones de hojas de palmera pero no son suficientes.

En el medio natural está la clave para romper esta rueda que dirige al poblado a la desaparición. En la naturaleza existe un potencial latente que haga posible la vida en el oasis, más que posible, deseable, y que la calidad de vida aumente.

Un ejemplo de cómo el potencial ecológico de la naturaleza puede influir radicalmente en el desarrollo sostenible de una población se ilustra mediante un proyecto de **cultivo de flores de Azafrán** en Çütlük, una zona árida del sur Turquía. Esta zona estaba dedicada al cultivo de algodón que estaba agotando los recursos hídricos y generando exceso de salinidad en el agua. Un proyecto llevado a cabo en la zona sustituyó el algodón por el azafrán, generando una mejora económica importante.

También tuvo un impacto social, además del económico, ya que las mujeres encargadas de realizar la compleja y paciente tarea de desmenuzar los estambres les convirtió en una parte del proyecto relevante. El proyecto demuestra que el remplazo de un cultivo importado por una variedad adaptada localmente trae beneficios económicos y ecológicos muy positivos, y destaca el valor de fuentes locales de biodiversidad en las zonas áridas.

Se pueden establecer una serie de acciones básicas, impulsadas desde los propios habitantes, y por tanto, reales y realizables inmediatamente, sin necesidad de una gran inversión, ni políticas, ni recursos, ni grandes proyectos, explorando el potencial natural y aplicándolo al desarrollo sostenible, de forma sencilla, gracias a sistemas innovadores que potencian el valor de lo natural.

Las acciones parte de un intento de mirar diferente, observar, para aprovechar las capacidades del medio natural para potenciar el desarrollo del habitar. Entre ellas:

1. Restaurar

Reequilibrar el medio natural o realizar la restauración ecológica del medio para recuperar el estado óptimo del microclima. Para ello es necesario **reforestar o realizar plantaciones en el entorno del palmeral**, de especies arbóreas, como los tamariscos o acacias, para frenar la desertificación y el avance de las dunas, estabilizar el suelo a nivel profundo, regenerándolo y fertilizándolo, y mejorando a su vez el microclima del oasis.

El sistema de reforestación consiste en lo siguiente: De la periferia al interior del oasis se deben establecer diferentes sistemas de barreras, formando un ecosistema complejo de árboles, arbustos y hierbas. El cinturón compuesto por hierbas y arbustos, ubicado en la periferia del oasis está diseñado para controlar los movimientos de las arenas y para evitar que la zona limítrofe del oasis no sea engullida por las arenas del desierto o degradada por la erosión eólica. Numerosos estudios muestran que, debido a la fricción y la resistencia del suelo, la velocidad del viento disminuye de manera significativa en presencia de hierbas y arbustos de una altura de 50-60 cm. La eficacia de esta barrera verde dependerá además de su profundidad y de las especies que la componen.

En las áreas amenazadas por la erosión, la degradación de la tierra puede ser controlada cuando la cubierta de vegetación es del 65% y la superficie del suelo se estabiliza. En las áreas donde se acumula la arena, la vegetación puede retener las dunas una vez que la vegetación cubre el 40% de la superficie. Cuanto más ancha sea la barrera, más efectiva será la protección del oasis. En general, la anchura de la barrera no debe ser inferior a 200 m. Por ejemplo, las observaciones de los movimientos de arena causados por el viento y las avalanchas han mostrado que una barrera verde de una anchura de 100 m puede controlar el 90% del movimiento total de las arenas, mientras que una de 244 m de ancho controla el 97%.

En los oasis, la amenaza de la desertificación es evidente y el avance de las dunas está produciendo el abandono de las ciudades y la pérdida de los medios de subsistencia, ya que engullen ciudades, cultivos, palmerales, acequias, etc.



Figura3. Poblado de Bounou en el oasis de M'hamid bajo los efectos de la desertificación

La reforestación es el medio más eficaz de combatir el avance de las dunas, la desertificación y de llevar a cabo la restauración ecológica de un hábitat. La opción más adecuada para realizar estas plantaciones es mediante el sistema de incubadoras de árboles llamado Groasis Waterboxx. Waterboxx es un sistema que permite crecer nuevos árboles hasta que tienen el tamaño suficiente para que sus raíces puedan alcanzar los acuíferos bajo la arena o la tierra árida. Solo es necesario plantar la semilla bajo el cubo y llenarlo con agua una única vez.

2. Enraizar

Para que la restauración ecológica pueda asentarse y el sistema pueda desarrollarse es necesario actuar sobre la alimentación básica de los recursos necesarios de subsistencia, en el caso de oasis, se trata de actuar sobre el agua.

Sería necesario establecer un caudal ecológico del río o caudal mínimo para el mantenimiento, pero las acciones globales dependen del gobierno, por lo que debemos repensar la estrategia para actuar desde lo local y esto conlleva el cambio de uso del agua, generando agua mediante sistemas como los atrapanieblas usados en el desierto de Atacama, los generadores de lluvia artificial, como el proyecto Gheshem, o utilizando alternativas de sistemas de irrigación, como el riego subterráneo, patentado por Omar Belmine, o el agua sólida.

El agua sólida es un sistema de riego alternativo que eleva casi 20 veces el rendimiento agrícola de zonas áridas. El sistema consiste en el uso de una sustancia que atrapa el agua en forma de gel y la adhiere a las raíces de las plantas para mantenerlas hidratadas, de forma que por cada kilogramo de esta fórmula se gelatinizan 500 litros de agua, es decir, media tonelada de "agua sólida". La raíz se mantiene húmeda, ya que las plantas toman LODE ella lo necesario, aprovechando al máximo el líquido. No hay desperdicio, el agua no se filtra al subsuelo ni se evapora.

Esta sustancia es el poliacrilato de potasio, un polvo blanco similar al azúcar al cual se adhieren las moléculas de agua para formar un gel, de forma que absorbe 500 veces su peso en agua, a diferencia de otras sustancias similares que absorben entre 80-140 veces su peso. Además el coste del poliacrilato de potasio es de 6 €/kg mientras que LAS perlas de hidroGel cuesta 118€/kg.

Esta técnica ideada por el ingeniero químico de origen mexicano Sergio Jesús Rico, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), demostró su eficacia en el 2005, utilizándose en invernaderos donde se comprobó que como método de irrigación puede ahorrar un 75% de costos de riego, 100% en incremento de follaje y flores y

300% en desarrollo de raíces. El sistema es ideal para sembrar en zonas áridas, de baja precipitación y en parcelas sin riego, ya que permite almacenar y exportar agua en estado sólido a lugares de difícil acceso.

3. Implementar

Con los recursos mínimos establecidos, se debe mejorar los sistemas agrícolas, repensando su función e incorporando mecanismos que mejoren su eficiencia y permitan su desarrollo.

Existen unas **técnicas agrícolas alternativas basadas en las leyes del geomagnetismo**, en métodos naturales de obtención de compost y tratamientos a base de estiércol (agnihotra) que permiten elevar la producción en cantidad, calidad y viabilidad de ejecución.

La técnica consiste en aprovechar el geomagnetismo de la tierra para mejorar la productividad de los cultivos. Para ello, se colocan unos cables metálicos en dirección precisa de norte a sur, unas barras de hierro de unos 5mm de diámetro que, sin tener ninguna conexión adicional, toman la electricidad estática y las ondas magnéticas terrestres y las transmiten al suelo.

Con la **implementación de estas técnicas** de permacultura, electromagnetismo, fertilización de suelos y riego con cenizas de agnihotra, es posible hacer crecer en las duras condiciones climáticas desérticas plantas como judías, hierba, menta, tomates, etc. Y así lo demuestra el ingeniero alemán Michael Wüst que trabaja aplicando todos estos sistemas en el oasis de M'hamid, en la carretera que lleva al poblado de Bounou. Sus experimentos y resultados demuestran que es posible cultivar en el desierto.



Figura 4. Huerto en el oasis de M'hamid realizado por Michael Wüst.

La agricultura del oasis siempre ha sido el principal medio de subsistencia, pero siempre se ha hecho de forma limitada. Si se mira más allá, **existen otros cultivos que pueden implementarse en el sistema agrícola que podrían revolucionar el desarrollo local, como son:**

- a) el cultivo de plantas medicinales
- b) los jardines sumergidos
- c) las especies regadas con agua salada
- d) cultivos sin agua

a) el cultivo de plantas medicinales

Existen en el Sahara numerosas plantas utilizadas por los habitantes del desierto para elaborar remedios medicinales para distintas afecciones. El conocimiento de las plantas medicinales en el desierto del Sahara tiene como **objetivo** por un lado **conocer las plantas autóctonas del desierto con propiedades medicinales**, por otro, poder **mantener esta cultura popular de elaboración de remedios naturales** transmitida de generación en generación, y, por último, abrir la posibilidad de transformar este conocimiento en una **vía de desarrollo económico del oasis**, que podría llevar al cultivo de plantas medicinales y su exportación como productos de herbolario para tratamientos naturales.

Los sistemas medicinales tradicionales en todo el mundo dependen de los recursos naturales disponibles en el medio ambiente local y de los conocimientos necesarios para utilizar estos recursos. Según la Organización Mundial de la Salud, casi el 80% de la población mundial trata sus problemas de salud con plantas medicinales y otros productos tradicionales de origen animal o mineral. Estos remedios no solamente contribuyen de manera esencial a la salud de los

pueblos, sino que también forman parte de sistemas culturales definidos por la forma de preparación y consumo de los remedios mismos, y por la categorización de las enfermedades que estos van a curar. Consecuentemente, la medicina tradicional a menudo representa también un puente entre los pueblos y los territorios donde los recursos se encuentran, contribuyendo de este modo a la conservación de sus identidades culturales.

b) los jardines sumergidos

Los jardines sumergidos es un sistema de desarrollo agrícola para el cultivo de árboles frutales que se ha desarrollado en Bushire, una provincia al sur de Irán que posee un clima extremadamente cálido y árido, con temperaturas que sobrepasan los 50 grados y precipitaciones que no llegan a los 250mm al año. La proximidad de los pozos se limita 20.30 metros de profundidad y utilizan sistemas de tracción animal. Sin embargo, han desarrollado esta técnica que se remonta a más de 4.000 años atrás que muestra un profundo entendimiento de la geología y el clima del lugar.

Es una técnica ancestral consiste en un método tradicional de recolectar agua de lluvia de las inundaciones repentinas, realizando una excavación de una fosa de 2 a 3 metros de ancho y unos 5 o 6 metros de profundidad hasta llegar a una capa de suelo pingüe. Las fosas son cavadas en zonas levemente bajas donde se acumula el agua de las inundaciones, y las zonas que las rodean son aplanadas para maximizar el flujo del agua. Las fosas también brindan un ambiente fresco y húmedo. El fondo de la cámara es revestido con ramas y se llena con humus donde se plantan vides jóvenes o árboles frutales.

Al principio requieren riego a mano pero después se alimentan de las aguas subterráneas. A medida que crecen los árboles son guiados sobre una serie de soportes o pilares de piedra que disponen un marco enrejado, lo que deja la fruta fuera del suelo y facilita la cosecha. Estos jardines sumergidos tienen un rendimiento de dos toneladas de fruta al año, son cultivos altamente productivos y perdurables, las vides pueden llegar hasta cinco años. A pesar del clima arduo, la región posee gran diversidad agro-biológica, dando cantidad de variedades frutales. Para ver si es viable este sistema en el oasis de M'hamid sería necesario realizar estudios geológicos del terreno para testar su resistencia.

c) el cultivo de especies con agua salada

El riego con agua salada da un sabor dulce a algunas especies de frutas y verduras. Israel, con un 60% de sus tierras de cultivo en el desierto ha demostrado que la aplicación de diversas técnicas innovadoras supone resultados sorprendentes los recursos hídricos se obtienen de varias formas, gracias a un sistema de canalización desde el Mar de Galilea o del reciclaje de aguas grises de las zonas urbanas.

The Negev Foundation es un Centro Experimental que se dedica a la investigación agrícola en el desierto de Negev, en Israel. Experimentan con variedades de aceitunas, uvas, tomates, pimientos, jojoba, hierbas aromáticas y flores, testando las posibilidades de irrigación, métodos agrotecnológicos para las condiciones desérticas así como la posibilidad de regar con agua salada o con agua destilada.

De este modo descubrieron especies de melones, sandías y tomates que al ser regados con agua salada tomaban un gusto dulce que les convierte en un producto gourmet exportable a distintos países.

Estos cultivos pueden implantarse en el oasis, y de hecho, lo más interesante es la iniciativa para construir un Centro de Agroecología donde poder llevar a cabo diversos experimentos con especies autóctonas y con agua de diversos acuíferos de la zona para comprobar su viabilidad.

Algunas zonas áridas disponen de agua salada en la proximidad, pero la mayoría de los oasis no disponen de agua, por lo que, habría que repensar la agricultura sin agua.

d) cultivos sin agua

En las zonas áridas el desarrollo de la agricultura es complicado por la escasez de agua y el alto contenido en sales del suelo de cultivo. Muchos países han optado por los **cultivos hidropónicos** para desarrollar sus cultivos, como Siria, Arabia Saudita e Israel.

La hidroponía consiste en el cultivo de plantas sin usar suelo. Los avances permiten ahorrar tiempo, espacio y agua. El bajo consumo de agua, un 10% de la que necesita la agricultura tradicional, de estas unidades las hacen especialmente indicadas para climas desérticos. Además el sistema es cerrado y está dotado de filtros que recogen el agua que hay en la atmósfera y la reintroducen en el sistema, por lo que el agua utilizada suele ser reciclada.

El uso de la hidroponía en muchos países del Medio Oriente, como Siria, Arabia Saudita e Israel, han permitido transformar los desiertos en tierras productivas. Por ejemplo, usando los métodos tradicionales en Riyadh (Arabia Saudita), se obtiene poco más de 10 toneladas por hectáreas de cultivo de vegetales, que es muy poco comparado con las 495 toneladas de vegetales que se pueden obtener mediante los cultivos hidropónicos. También se han implementado cultivos hidropónicos como una alternativa rentable en el desierto más árido del mundo: el desierto de Antofagasta, en Chile, obteniendo diversas verduras y hortalizas (tomates, zanahorias, pepinos, ...)

Existen cultivos hidropónicos que utilizan exclusivamente agua con nutrientes como sustrato, son los cultivos hidropónicos puros, y otros utilizan perlita agrícola, fibra de coco, turba, lana de roca o desechos como cáscaras de frutos, arroz, almendras, etc.

4. Observar e Invertir (dar la vuelta)

Sin necesidad de buscar más allá, en los recursos existentes existen potenciales no explotados, simplemente porque no se ha hecho una relectura de los mismos. Por ejemplo, con la leche de camello y los posibles desarrollos de productos lácteos, para la alimentación y cosmética.

La leche de camello es un producto apreciado, con múltiples propiedades pero sólo se consume a nivel familiar, no ha sido comercializado ni explotado, ni utilizado para hacer productos derivados como queso, requesón o cuajada. Los habitantes de zonas áridas disponen de camellos para sus desplazamientos que se van sustituyendo por otros medios de transporte como la bicicleta, los todoterrenos o los ciclomotores.

En el Desierto del Thar, la India, comenzó un proyecto potenciado por el Gobierno de Rajasthan, para valorizar los productos de camello, elevando la conciencia pública y trabajando con los criaderos de camello. La cría tradicional de camellos es una manera ingeniosa de convertir en proteínas y energía la dispersa vegetación del Desierto del Thar. Los camellos vagan libremente excepto en la época de la reproducción.

El gobierno convocó unas jornadas internacionales en Jaipur entre investigadores, médicos y ganaderos, cubierto por los medios de comunicación nacionales, para proveer la leche de camello y el helado de camello ("un postre bajo en calorías"), reconociendo el valor medicinal de este producto, que tiene propiedades antibacteriales y antivirales que ayudan a combatir enfermedades, y que además contiene una sustancia parecida a la insulina que reduce los niveles de azúcar en sangre de pacientes con diabetes.

En términos nutricionales posee tres veces más de Vitamina C que la leche de vaca, es baja en calorías y apta para personas intolerantes a la lactosa. La Organización de alimentos y agricultura de las Naciones Unidas (FAO) estima que el potencial de la leche de camello en el mercado global podría valer miles de millones de dólares. Esta iniciativa llevada a cabo por la ONG Local Lokhit Pashu-Palak Sansthan (LPPS) está trabajando además con un reconocido productor de papel artesanal utilizando excremento de camello para fabricar agendas y

tarjetas. Además existe una amplia variedad de productos ya conocidos que se extraen de los camellos (piel, huesos, cabello).

Esta iniciativa podría ser extrapolable al oasis de M'hamid, donde existían gran número de camellos de las tribus nómadas asentadas, pero que se han ido perdiendo. Del mismo modo, lo aplicable no es la leche de camello en sí, sino la capacidad de reinventarse y hacer productos innovadores y creativos a partir de recursos o materia tradicionales.



Figura 5. Camello en el oasis de M'hamid.

5. Combinar, establecer sinergias

El desarrollo agrícola y del medio natural no tiene razón de ser si no es en relación al habitar humano. De esto se encarga la permacultura, que pretende establecer un equilibrio entre la producción natural y humana.

El sistema de la permacultura ha sido aplicado a distintos climas, en este caso, interesa estudiar el trabajo de Greening the Desert, que creó hace 20 años, en el año 1969 Jerome Osentowsky, que trabajó en la creación de un huerto en un suelo árido y en un clima donde pocas especies pueden sobrevivir debido al suelo arcilloso y rocoso, creando un ecosistema de vegetación frondosa y cultivos variados. Actualmente ese huerto se ha convertido en el Instituto Central de Permacultura de las Montañas Rocosas (CRMPI), en el Desierto de Sonora, al norte del valle Roaring Fork, en Colorado, EEUU.

En el mismo lugar, se ha desarrollado un sistema agrícola innovador que consiste en una tecnología llamada "**clima de batería**" que permite hacer **invernaderos**. El arquitecto del proyecto Michael Thompson diseñó una serie de tuberías que toman el aire en el punto más alto del invernadero, lo bombean y lo expulsan en la parte sur del invernadero, ese aire después no para de circular y coger calor y lo deja bajo suelo almacenándolo. Por otra parte, en el **suelo árido y salado del desierto de Jordania**, el agricultor Geoff Lawton ha conseguido convertir 10 acres de suelo improductivo **en un jardín exuberante**, mediante el mismo sistema de Permacultura.

6. Manufacturar artesanalmente

En lugares donde la artesanía aún pervive es necesario hacer una relectura de la tecnología para que pueda ser aplicable localmente sin producir exceso de gasto económico.

En 2002 el brasileño José Alano, un mecánico retirado, transformó una pila de botellas PET y envases de tetrapack en un colector solar, ahorrando dinero y energía, y contribuyendo a reducir el volumen de deshechos plásticos. La idea surgió de la falta de infraestructura para el reciclaje en su ciudad de origen, Tubarão. Ha registrado y patentado el sistema para impedir que fuese copiado para sacar beneficio económico, pero nunca ha querido lucrarse con él. La información sobre la forma de construcción es de dominio público y cualquiera puede acceder a ella.

Basándose en sus conocimientos básicos en colectores solares construyó una versión alternativa con 100 botellas de plástico y 100 envases de leche. El resultado fue muy positivo, un funcionamiento perfecto a la vez que una manera responsable de deshacerse de los residuos. El funcionamiento es similar al de los sistemas comerciales y pudiendo calentar agua desde los 38° grados en invierno, hasta más de 50° en verano.

El funcionamiento del colector solar de Alano se basa en el principio del termosifón, no necesitando por ello de apoyo de energía eléctrica ni bombas para su funcionamiento. La diferencia en la densidad del agua a distintas temperaturas es suficiente para inducir un movimiento cíclico de circulación del agua del panel al tanque de almacenamiento: el agua caliente menos densa tiende a subir mientras el agua fría más densa tiende a bajar. Con este sistema se pueda calentar agua para una ducha con aproximadamente 1m² de panel.

7. Hibridar

Por último, cuando la simbiosis de los recursos naturales y la arquitectura llegan al nivel molecular, y mediante procesos químicos se hibridan, el potencial ecológico revoluciona el desarrollo sostenible del habitar.

Biobrick es un proyecto de investigación que plantea una alternativa radical a la industria del ladrillo cerámico: No cocer ladrillo, lo cual requiere un gran consumo energético, sino cultivarlo. La tecnología utilizada para ello es la precipitación cálcica bioinducida, o MICP.

Según como se haga dicho proceso se pueden conseguir piezas de piedra arenisca que pueden reproducir la consistencia de los ladrillos cerámicos cocidos en altos hornos o incluso del mármol. Los ladrillos se fabrican como piezas individuales pero podrían formar un muro continuo si se uniesen las superficies de los ladrillos por las mismas técnicas de precipitación cálcica, en lugar de con el tradicional cemento portland o tierra cruda.

La industria del ladrillo cerámico se considera poco sostenible por el alto consumo energético que requiere para su fabricación: se deben alcanzar temperaturas de 2000°F. Según sus cálculos si los ladrillos biomanufacturados reemplazaran cada ladrillo cerámico se reducirían las emisiones de dióxido de carbono al menos 800 millones de toneladas al año.

El cultivo de estos ladrillos se realiza desde materiales disponibles en muchas regiones del mundo: Arena + una bacteria común de los suelos (*Sporosarcina pasteurii*) + extracto de Levadura + Urea + Cloruro Cálcico + Agua. El proceso consiste en obtener una solución concentrada de bacteria en un caldo de cultivo que se incuba en tubos a 37 °C antes de ser vertidos en los moldes rellenos de arena.

El biobrick sería aplicable en M'hamid si su inventora consiguiera el precio al que desea llegar de 50 cts por ladrillo, o se pudiera conseguir el modo de cultivar la bacteria a gran escala. Actualmente es un sistema utópico, pero en breve será real.



Figura6. Arena del desierto de M'hamid. ¿el nuevo material de construcción?

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bainbridge D. (2002). *Alternative Irrigation Systems for Arid Land Restoration.Ecological Restauration*. Vol.20. No. 1, 2002. Board of Regents of the University of Wisconsin System. ISSN 1522-4740

Dizikes, P.(2011)."*Fog-harvesting mesh*" MIT News. www.asknature.org

Drynet (2009) *Flores de azafrán y jardines sumergidos. Iniciativas Inspiradoras para Revertir la Degradación de las Zonas Áridas y Fortalecer los Medios de Subsistencia*. Ed. Both Ends. Amsterdam. Países Bajos. Disponible online :www.dry-net.org

Fukuoka, Masanobu (1978). *La revolución de una brizna de paja. (" The one-straw revolution, an introduction to natural farming)* Editorial Rodale Press. Edición en Español de Ecohabitar. ISBN 0-87857-220-1

Jiménez J.M. (2000). *Ingenios solares: Manual práctico para la construcción de aparatos sencillos relacionados con la energía solar. (2ªed)*. Ed. Pamiela. ISBN 9788476813096

Li et al. (2004) *Restoration Ecology*. Vol.12. N°3.pp 376-390

Nebel B., Wright R. (1999) *Ciencias ambientales. Ecología y desarrollo sostenible*. Ed Pearson Educación. 6ª Edición. ISBN:970-17-0233-6

Pieroni, A; Vandebroek, I. (2009) *Traveling Cultures and Plants: The Ethnobiology and Ethnopharmacy of Migrations*. Ed. Berghahn Books. Chapter 12. Procurement of Traditional Remedies and Knowledge among Sahrawi People Displaced Refugee Camps.

Siöström Peter, Sternudd Catharina. (2011). *Sustainable Urban Design - Making the World's Growing Cities into Healthy, Attractive and Sustainable Places*. SUD Sustainable Urban Design) Lund University, School of Architecture publication. ISBN 978-91-979801-0-4

Witkin, Jim. (2010). *Developing a 'Water Battery' for trees* New York Times, 9 April 2010. <http://green.blogs.nytimes.com/2010/04/09/developing-a-water-battery-for-trees/> (acceso: 5 julio 2013)